

Attività 2 - Messa punto di un prototipo di cassone e sperimentazione tecniche di coltivazione e definizione di protocolli di coltivazione

Le attività di campo dell'annata agraria 2020-21 sono state tutte eseguite secondo quanto previsto dal progetto: impianto dei cormi dalla seconda metà di agosto fino ai primi di settembre, preparazione delle tesi sperimentali, raccolta giornaliera dei fiori dai vari trattamenti ed essiccazione degli stigmi, analisi qualitativa dello zafferano, rimozione e pulitura dei cormi a fine stagione, conta e rilevamento delle dimensioni dei cormi, monitoraggio dei tempi per eseguire le varie operazioni.

2.1 - Produzione di zafferano

I dati ottenuti dalle otto aziende sono stati analizzati dal punto di vista statistico. I dati relativi alla produzione di stigmi essiccati sono risultati distribuiti normalmente (test di Shapiro-Wilk, $W=0.93012$, $P<0.0001$), e non è stato necessario procedere ad alcuna trasformazione degli stessi.

Tabella 1 – Analisi della varianza per la produzione di zafferano (g/m^2) nel 2020

Fonte di variazione	GdL	Devianze	Varianze	Test F	Pr > F
Repliche	3	0.26566268	0.08855423	3.54	0.0191
Azienda	7	5.25764051	0.75109150	30.01	<.0001
Tesi	3	0.36626149	0.12208716	4.88	0.0039
Azienda×Tesi	19	5.07582292	0.26714857	10.67	<.0001
Errore	68	1.70207239	0.02503048		
Totale	100	13.47058060			

Differenze statisticamente significative sono emerse per le fonti di variazione Azienda, Tesi e Azienda×Tesi (Tabella 1). Nel 2020 la produzione media è stata di soli 0.63 g/m^2 , il valore più basso del triennio. La tabella 2 riporta le produzioni medie per le singole aziende. La produzione più elevata è stata registrata dall'Azienda Mazzuoli seguita da Alfonsi, Zafferano e d'intorni, Porta Sole e Ro.lo, con produzioni significativamente superiori a Venturi e, queste a Fontanelle ($P<0.01$). La tesi Cassone con terriccio ad hoc ha prodotto significativamente più del controllo e delle parcelle in pieno campo. Il Cassone con terra di campo ha fatto registrare valori intermedi ($P<0.05$).

Con i dati delle tre stagioni è stato possibile condurre un'analisi della varianza combinata (Tabella 4) per confrontare le produzioni delle singole aziende e delle tesi sperimentali nei tre anni di prova e mettere in evidenza eventuali differenze per le fonti Anni, Aziende e Tesi, e per le interazioni di secondo e terzo ordine.

Tabella 2 – Produzioni medie per le otto aziende nel 2020

AZIENDA	Produzione† (g/m^2)	
Alfonsi	0.7669	B
Fontanelle	0.1459	E
Mazzuoli	1.0721	A
Porta Sole	0.6979	BC
Ro.Lo.	0.6383	BC
Venturi†	0.4854	D
Vinerbi	0.5665	CD
Zafferano e d'intorni	0.7146	BC

†Nel 2018 l'azienda era denominata Brunozzi

‡Medie seguite da lettere diverse sono diverse per $P<0.01$

Tabella 3 – Produzioni medie nel 2020 per le quattro tesi

AZIENDA	Produzione[‡] (g/m²)	
Cassone con terriccio ad hoc	0.7163	A
Cassone con terra aziendale	0.6086	AB
Controllo (bulbi Mazzuoli)	0.5969	BC
Parcelle in Campo	0.5818	BC

[‡]Medie seguite da lettere diverse sono diverse per $P < 0.01$

Dalla Tabella 4 emerge in maniera evidente che la fonte di variazione Anni è quella con la più elevata significatività statistica. Infatti, nel 2018 la produzione media di zafferano ($1,38 \text{ g/m}^2$) è stata statisticamente superiore a quella del 2019 ($1,31 \text{ g/m}^2$) e questa a quella del 2020 ($0,63 \text{ g/m}^2$). Dalle osservazioni riguardanti la durata in giorni del periodo della raccolta emerge che dal primo al terzo anno la stagione di fioritura è stata via via più corta e questo deve aver influito negativamente sulla produzione dei rispettivi anni.

Sono state rilevate differenze significative anche tra le produzioni medie triennali delle Aziende ($P < 0,0001$) (Tabella 4). La produzione più elevata è stata registrata dall'azienda Venturi (VEN), significativamente più elevata di quelle registrate a Porta Sole (FIN), Vinerbi (VIN) e Mazzuoli (MAZ), e queste a loro volta significativamente superiori alle altre - Fontanelle (CHI), Ro.lo. (MOR), Alfonsi (LIP) e Zafferano e d'intorni (GIA), confermando quanto visto per il secondo anno (Figura 2).

Tabella 4 – Analisi della varianza combinata (triennio) per la produzione di zafferano (g/m^2)

Fonte di variazione	GdL	Devianze	Varianze	Test F	Pr > F
Repliche	3	0.75040707	0.25013569	3.97	0.0089
Anno	2	15.19640380	7.59820190	120.48	<.0001
Tesi	3	15.01577044	5.00525681	79.36	<.0001
Azienda	7	12.62753631	1.80393376	28.60	<.0001
Anno×Azienda	14	17.40513683	1.24322406	19.71	<.0001
Anno×Tesi	6	4.92465385	0.82077564	13.01	<.0001
Azienda×Tesi	20	11.27245229	0.56362261	8.94	<.0001
Anno×Azienda×Tesi	37	11.21571882	0.30312754	4.81	<.0001
Errore	209	13.1809315	0.0630667		
Totale	301	141.4024203			

In Figura 1 sono riportati i *box plot* riguardanti le produzioni medie e relativi intervalli di variazione nelle otto aziende come media del triennio e delle Tesi sperimentali. Le produzioni medie delle aziende nei tre anni sono risultate altamente significative ($P < 0.0001$) (Tabella 4). La produzione più elevata è stata registrata dall'azienda Venturi (VEN), significativamente più elevata di quelle registrate nelle aziende Mazzuoli, Porta Sole e Vinerbi e (MAZ, FIN, VIN) e queste, a loro volta, significativamente superiori alle altre - Ro.lo. (MOR), Alfonsi (ALF), Zafferano e d'intorni (GIA) e Fontanelle (FON), confermando quanto visto per il secondo anno (Fig. 2).

L'analisi della varianza (Tab. 4) ha inoltre rilevato differenze significative anche tra le quattro Tesi sperimentali (Figura 3). I risultati sono inequivocabili: le produzioni di spezia medie del triennio nei cassoni con terriccio ad hoc sono risultate statisticamente superiori a quelle del cassone con terra di campo; queste sono inoltre risultate superiori alle parcelle in pieno campo e queste ultime, a loro volta, a quelle dei bulbi di controllo ($P < 0.05$). La superiorità produttiva dei bulbi aziendali rispetto a quelli utilizzati come controllo (provenienti da una stessa azienda che li ha forniti all'inizio della sperimentazione) indica un maggiore adattamento del materiale aziendale nei rispettivi ambienti di coltivazione. La tecnica di allevare i bulbi in cassone con terriccio ad hoc si conferma molto interessante. Alle maggiori produzioni e facilità di raccolta lavorando in piedi, si contrappongono i

costi di investimento dei cassoni e del terriccio. Per quanto riguarda le dimensioni dei cassoni, quelle utilizzate nella sperimentazione potrebbero essere riviste, aumentandole sia in larghezza che lunghezza. Per abbattere i costi si potrebbero utilizzare ad esempio *bins* di legno o plastica già costruiti i quali, dotati di maggiore profondità, eviterebbero stress idrici durante l'accrescimento dei bulbi in annate particolarmente siccitose, come abbiamo riscontrato durante la primavera del secondo anno del progetto.

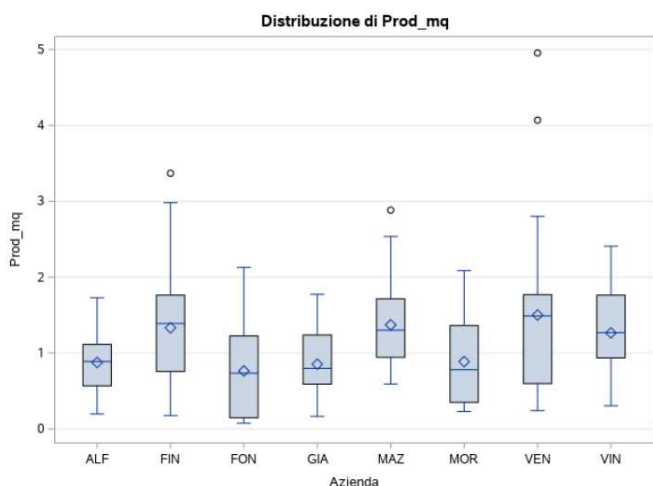


Figura 1 - Box plot delle aziende nei tre anni di prova

Prod_mq SNK Grouping for Means of Azienda (Alfa = 0.05)

Means coperte dalla stessa barra non sono significativamente diverse.

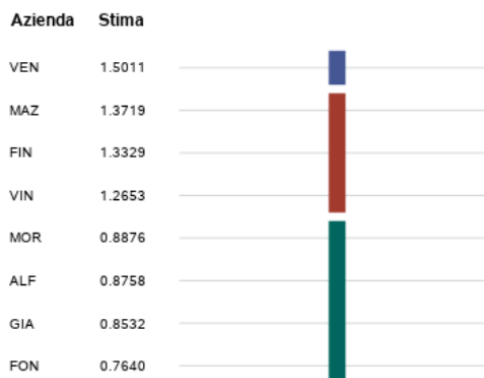


Figura 2 - Separazione delle medie per le aziende nei tre anni di prova

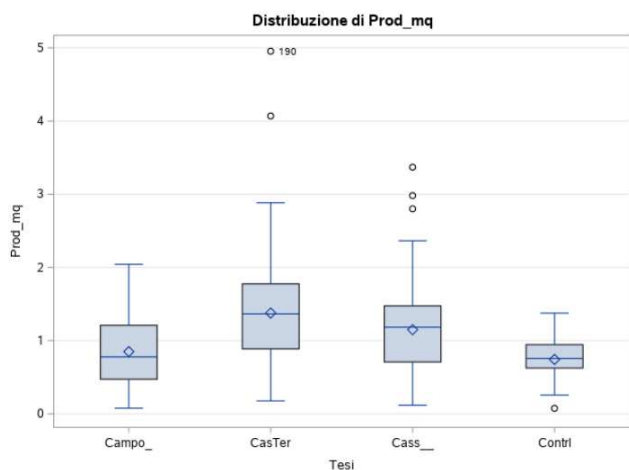


Figura 3 - Box plot delle tesi nei tre anni di prova

Prod_mq SNK Grouping for Means of Tesi (Alfa = 0.05)

Means coperte dalla stessa barra non sono significativamente diverse.

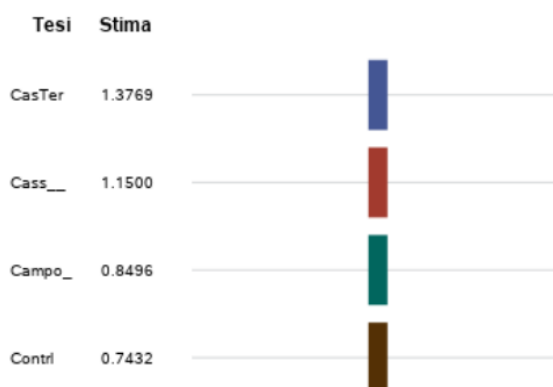


Figura 4 - Separazione delle medie per le tesi nei tre anni di prova

2.2 - Produzione di cormi

I risultati 2020 delle analisi statistiche relativi alla produzione del numero e peso (g) dei cormi per unità di superficie sono riportati nelle Tabelle 5 e 6. Nel 2020 sono emerse significatività statistiche per tutte le fonti di variazione e per entrambi i caratteri. Il più alto numero di cormi è stato ottenuto nei cassoni (Tab. 7), seguito dalle parcelle in pieno campo. Il cassone con terriccio (Tab. 8) conferma la produzione più alta per il peso dei cormi, seguito dalle parcelle in campo, queste dal cassone con terra di campo e, infine, dal controllo. Con i dati a disposizione è stato possibile stimare il peso medio dei cormi. Nel 2020 risulta un peso medio di 20.9 grammi sia nel cassone con terriccio che nelle parcelle in campo, un risultato più alto rispetto al peso medio dei bulbi prodotti in cassone con terra di campo (16.0 g). Questi risultati confermano che l'allevamento in cassoni può dare un valore aggiunto se riempiti con un terriccio adeguato, ricco in sostanza organica e abbastanza sciolto da evitare ristagni e permettere l'ingrossamento dei bulbi.

Tabella 5 - ANOVA per la produzione di cormi di zafferano (N°/m²) nel 2020

Fonte di variazione	GdL	Devianze	Varianze	Test F	Pr > F
Repliche	3	2542.3333	847.4444	4.43	0.0070
Tesi	3	7991.6937	2663.8979	13.94	<.0001
Azienda	6	124775.2000	20795.8667	108.80	<.0001
Azienda×Tesi	16	36375.7780	2273.4861	11.89	<.0001
Errore	60	11468.6667	191.1444		
Totale	88	192307.5281			

Tabella 6 - ANOVA per la produzione di cormi di zafferano (g/m²) nel 2020

Fonte di variazione	GdL	Devianze	Varianze	Test F	Pr > F
Repliche	3	507610.05	169203.35	2.17	0.1009
Tesi	3	5807184.28	1935728.09	24.82	<.0001
Azienda	6	24373418.80	4062236.47	52.09	<.0001
Azienda×Tesi	16	29500592.33	1843787.02	23.64	<.0001
Errore	60	4679502.20	77991.70		
Totale	88	65812514.99			

Tabella 7 – Numero di cormi prodotti (N°/m²) nelle quattro tesi sperimentali

Tesi	2018	2019	2020	Triennio
Cassone con terriccio ad hoc	157.4A	109.4B	108.8A	124.4 AB
Cassone con terra aziendale	154.3B	132.1AB	107.2A	131.2 A
Parcelle in Campo	126.0C	141.2A	93.9B	117.3 B
Controllo (bulbi Mazzuoli)	107.0C	114.0B	67.0C	96.0 C
Triennio	145.4 a	125.5 b	101.3 c	

Medie in colonna seguite da lettere maiuscole diverse sono statisticamente diverse per P>0.01; medie del triennio seguite da lettere minuscole diverse sono diverse per P<0.01

Tabella 8 – Peso (g/m²) di cormi prodotti nelle quattro tesi sperimentali

Tesi	2018	2019	2020	Triennio
Cassone con terriccio ad hoc	3464.1 A	2006.6 AB	2273.3 A	2588.2 A
Cassone con terra aziendale	2411.3 B	1636.5 B	1712.2 C	1923.5 C
Parcelle in Campo	2773.0 B	2151.9 A	1960.7 B	2255.9 B
Controllo (bulbi Mazzuoli)	2572.4 B	1639.8 B	1257.8 D	1823.3 C
Triennio	2874.5 a	1893.7 b	1941.4 b	

Medie in colonna seguite da lettere maiuscole diverse sono statisticamente diverse per P>0.01; medie del triennio seguite da lettere minuscole diverse sono diverse per P<0.01

Sempre nel 2020 l'azienda Mazzuoli ha prodotto il numero significativamente più elevato di bulbi, seguito da Venturi (Tab. 9), ma in termini di peso è l'azienda Alfonsi che ha prodotto più di tutte (Tab. 10), con il peso medio di circa 37 grammi/bulbo.

Tabella 9 - Cormi prodotti (N°/m²) per azienda nel triennio del progetto

Aziende	2018	2019	2020	Triennio
Alfonsi	117.2 D	49.4 E	81.4 C	86.6 E
Fontanelle	136 C	90.6 CD	81.6 C	100.7 D
Mazzuoli	140.7 BC	71.3 D	187.3 A	133.1 B
Porta Sole	146 BC	126.7 B	59.7 D	110.8 CD
Ro.Lo.	150.9 ABC	109.2 BC	85.9 C	110.1 CD
Venturi	167.8 A	283.6 A	128.7 B	193.4 A
Zafferano e d'intorni	158.3 AB	102.8 BC	89.3 C	117.0 C
Vinerbi	-	-	-	-

Medie in colonna seguite da lettere maiuscole diverse sono statisticamente diverse per P>0.01

Tabella 10 - Cormi prodotti (g/m²) per azienda nel triennio del progetto

Aziende	2018	2019	2020	Triennio
Alfonsi	2340.6 D	899.0 D	3031.3 A	2202.8 C
Fontanelle	2866.2 C	1552.4 C	1451.0 D	1914.7 D
Mazzuoli	2281.1 D	1461.4 C	2116.1 B	1952.8 D
Porta Sole	3490.9 B	2094.1 B	1826.9 C	2470.7 B
Ro.Lo.	3029.7 C	1612.7 C	1207.1 E	1791 D
Venturi	4073.4 A	3695.9 A	2163.5 B	3310.9 A
Zafferano e d'intorni	2051.0 D	1405.8 C	1891.4 C	1792.7 D
Vinerbi	-	-	-	-

Medie in colonna seguite da lettere maiuscole diverse sono statisticamente diverse per $P > 0.01$

Anche i dati relativi al numero e peso totale di cormi prodotti per unità di superficie la distribuzione è risultata normale ($W = 0.901577$ $P < 0.0001$) per cui non è stato necessario effettuare alcuna trasformazione. L'analisi della varianza combinata per i tre anni è riportata in Tabella 11 e ha confermato i risultati riportati nella relazione del secondo anno: significatività per le fonti principali e per le interazioni. Le differenze tra Tesi sia per il numero che per il peso dei bulbi sono riportate nelle tabelle 7 e 8.

Tabella 11 – ANOVA combinata per la produzione di cormi di zafferano (N°/m² e g/m²) nei tre anni del progetto

Fonte di variazione	GdL	Numero di cormi			Peso dei cormi		
		Varianze	Test F	Pr > F	Varianze	Test F	Pr > F
Repliche	3	700.02	1.94	0.12	134214	0.9	0.4654
Anno	2	13896.13	38.56	<.0001	11181157	71.3	<.0001
Tesi	3	10614.53	29.46	<.0001	7236346	46.1	<.0001
Azienda	6	39114.83	108.55	<.0001	9839761	62.7	<.0001
Anno×Azienda	12	24073.68	66.81	<.0001	3692806	23.5	<.0001
Anno×Tesi	6	4538.67	12.60	<.0001	1116395	7.1	<.0001
Azienda×Tesi	17	7619.07	21.14	<.0001	2973146	19.0	<.0001
Anno×Azienda×Tesi	27	4365.68	12.12	<.0001	1946760	12.4	<.0001
Errore	172	360.30			156874		
Totale	248						

Se la tesi Cassone con terra aziendale ha fatto registrare il maggior numero di cormi nel triennio, è vero che Cassone con terriccio ha prodotto cormi di maggiori dimensioni (20.8 vs. 14.7, $P < 0.05$). Il numero di cormi prodotti ha subito un calo progressivo dal primo al terzo anno, molto probabilmente per le condizioni ambientali che hanno caratterizzato il periodo delle prove.

Le produzioni medie più elevate del triennio sono state registrate nell'azienda Venturi (Tab. 10), mentre le dimensioni maggiori sono state registrate dall'azienda Alfonsi (25.4 vs. 17.4 g media delle altre aziende. I dati dell'azienda Vinerbi non sono stati resi disponibili e non utilizzate nelle analisi.